

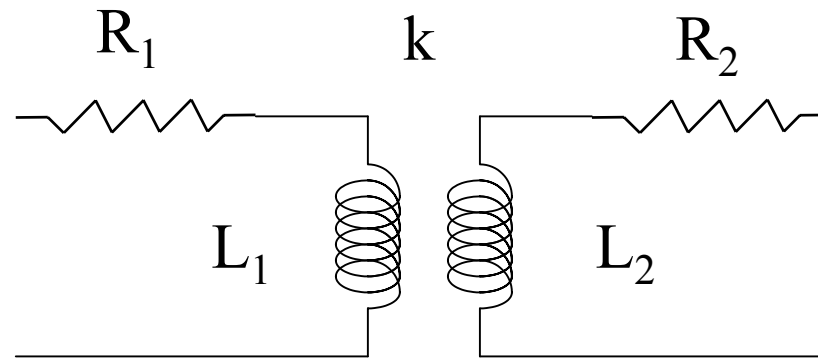
Alimentatori Convertitori AC/DC

Ing. Giorgio Fontana

Università di Trento

2002

Il trasformatore.



R_1 = resistenza del rame dell'avvolgimento primario

L_1 = autoinduttanza dell'avvolgimento primario

R_2 = resistenza del rame dell'avvolgimento secondario

L_2 = autoinduttanza dell'avvolgimento primario

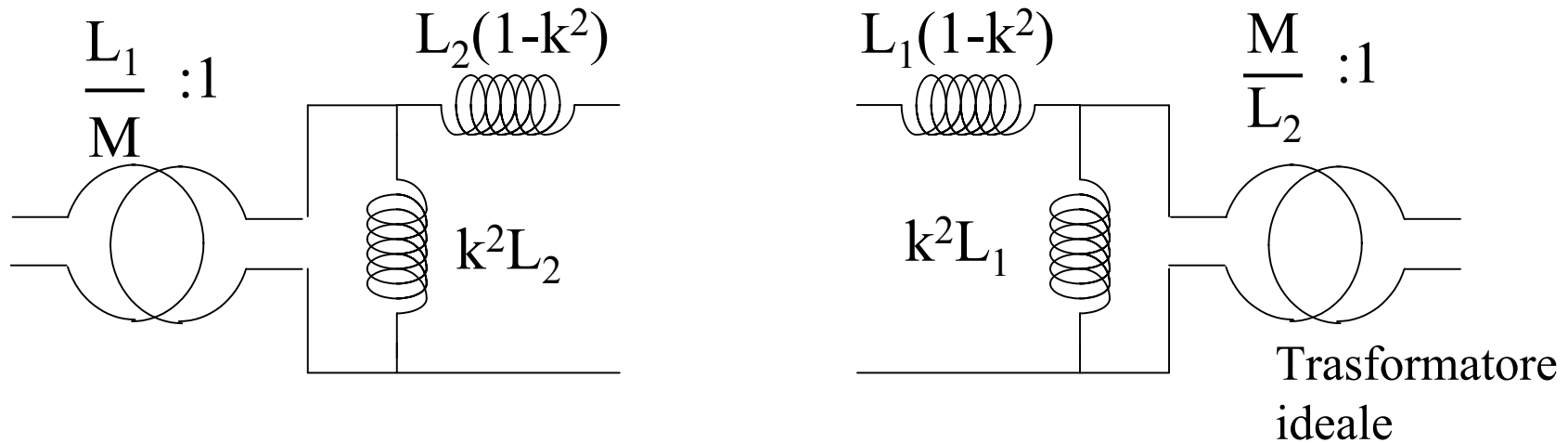
k = coefficiente di accoppiamento , $0 \leq k \leq 1$

Non indicati:

1) resistenza equivalente (parallelo) delle perdite nel nucleo in ferro (se c'è)

2) capacità parassite tra gli avvolgimenti

I due modelli più diffusi



La mutua induttanza $M=k\sqrt{L_1L_2}$

$L_2(1-k^2)$ si misura cortocircuitando il primario

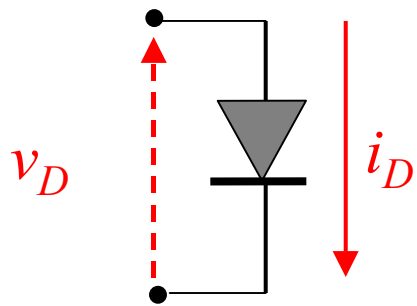
$L_1(1-k^2)$ si misura cortocircuitando il secondario

Se $k=1$ (accoppiamento perfetto) il rapporto di trasformazione è:

$$N = \frac{N_2}{N_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}}$$

**SPICE Vuole L_1 , L_2 e k
 R_1 ed R_2 esterne**

Diode reale (dispense prof. Soncini)



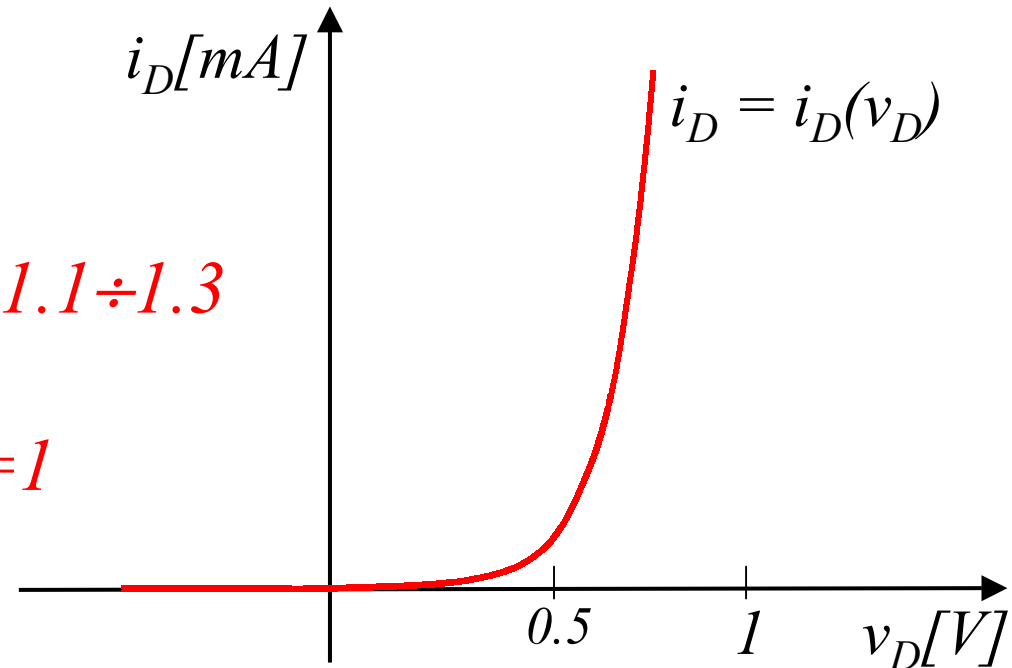
$$i_D = I_s \left(\exp \frac{v_D}{\eta V_{th}} - 1 \right)$$

legge del diodo reale (*modello matematico*)

I_s = corrente inversa
di saturazione

η = fattore di idealità $\sim 1.1 \div 1.3$

Diode "ideale": $\eta = 1$

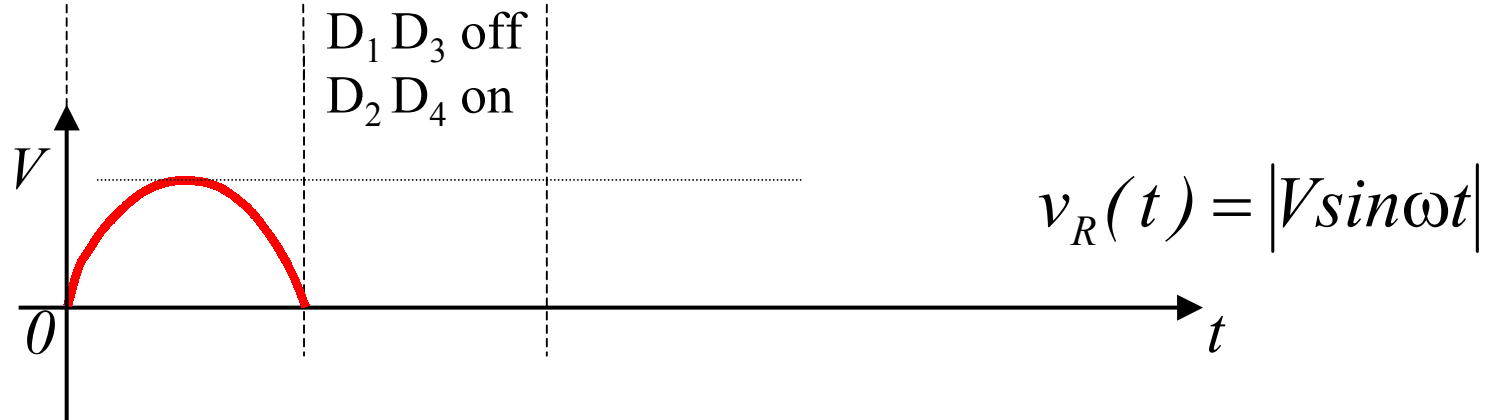
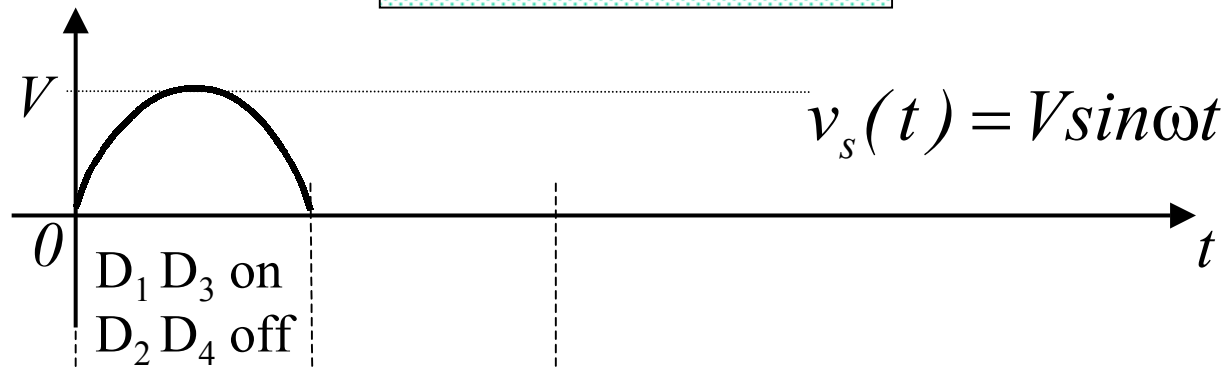
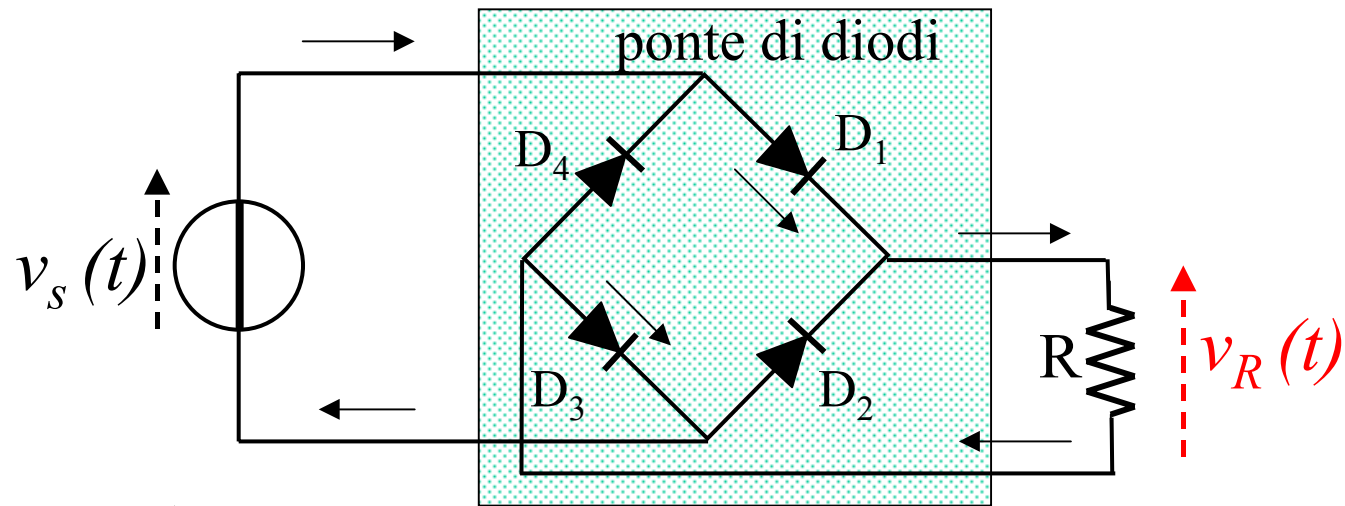


$V_{th} = kT/q \cong 0.026V$ per $T = 300^\circ K$ tensione termica equivalente

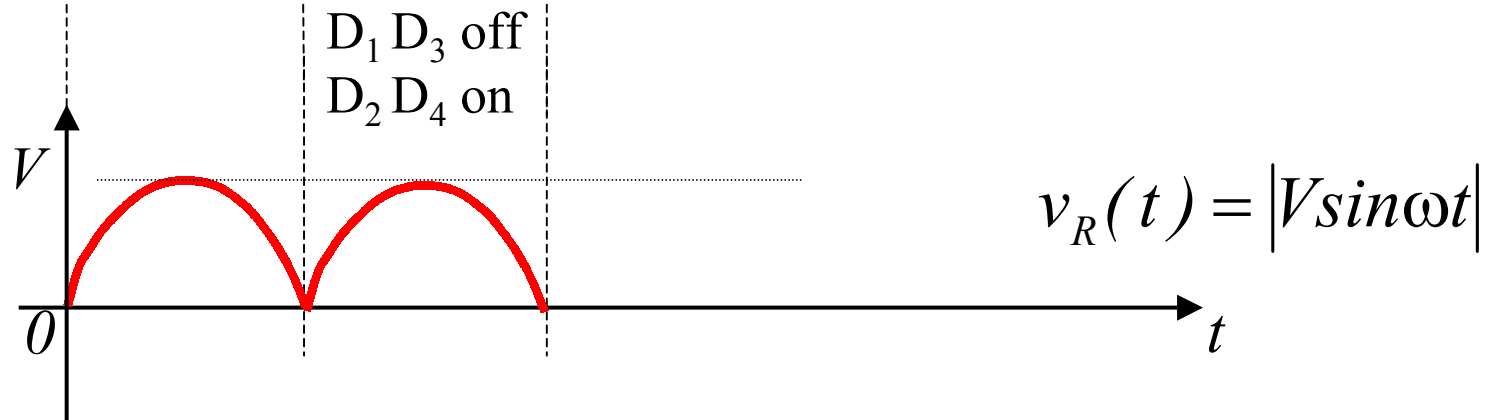
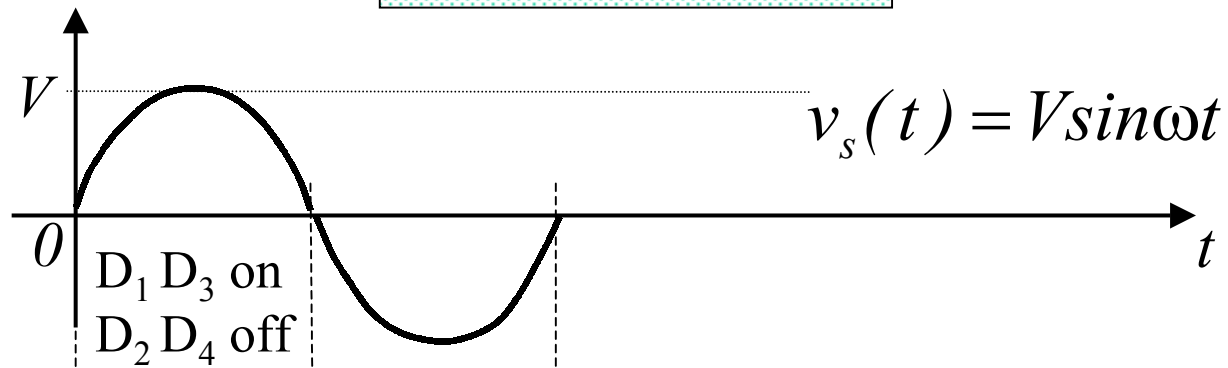
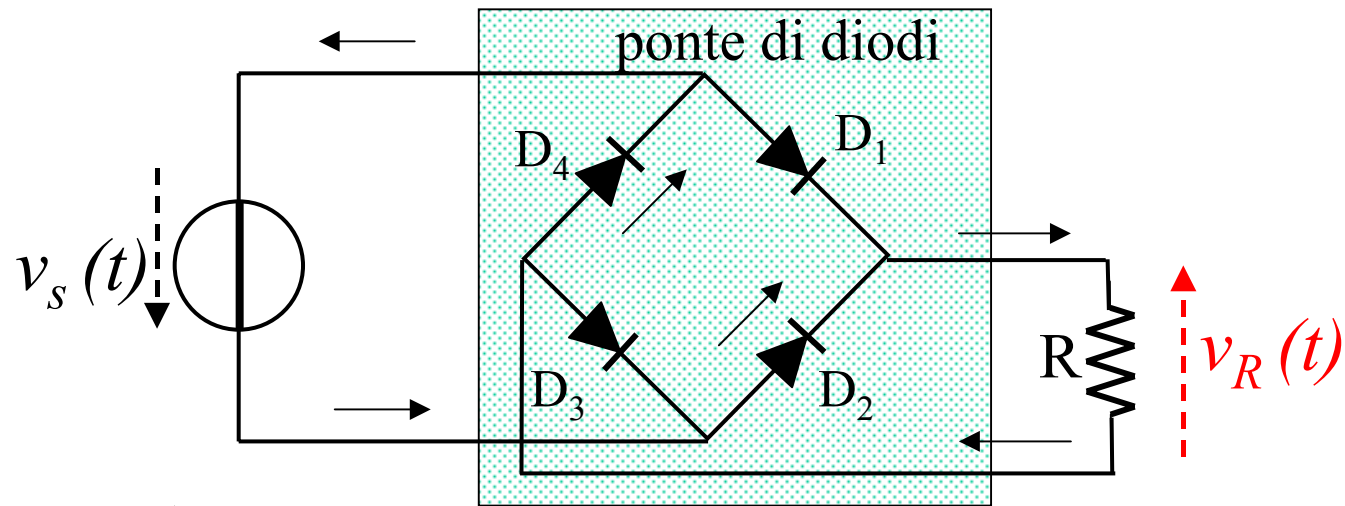
SPICE Diode Model Parameters

	name	parameter	units	default	example	area
1	IS	saturation current	A	1.0e-14	1.0e-14	*
2	RS	ohmic resistanc	Ohm	0	10	*
3	N	emission coefficient	-	1	1.0	
4	TT	transit-time	sec	0	0.1ns	
5	CJO	zero-bias junction capacitance	F	0	2pF	*
6	VJ	junction potential	V	1	0.6	
7	M	grading coefficient	-	0.5	0.5 = abrupt .33= linearly g.	
8	EG	band-gap energy	eV	1.11	1.11 Si	
9	XTI	saturation-current temp.exp	-	3.0	3.0 pn 2.0 Schottky	
10	KF	flicker noise coefficient	-	0		
11	AF	flicker noise exponent	-	1		
12	FC	coefficient for forward-bias depletion capacitance formula	-	0.5		
13	BV	reverse breakdown voltage	V	infinite	40.0	
14	IBV	current at breakdown voltage	V	1.0e-3		
15	TNO M	parameter measurement temperature	deg C	27	50	

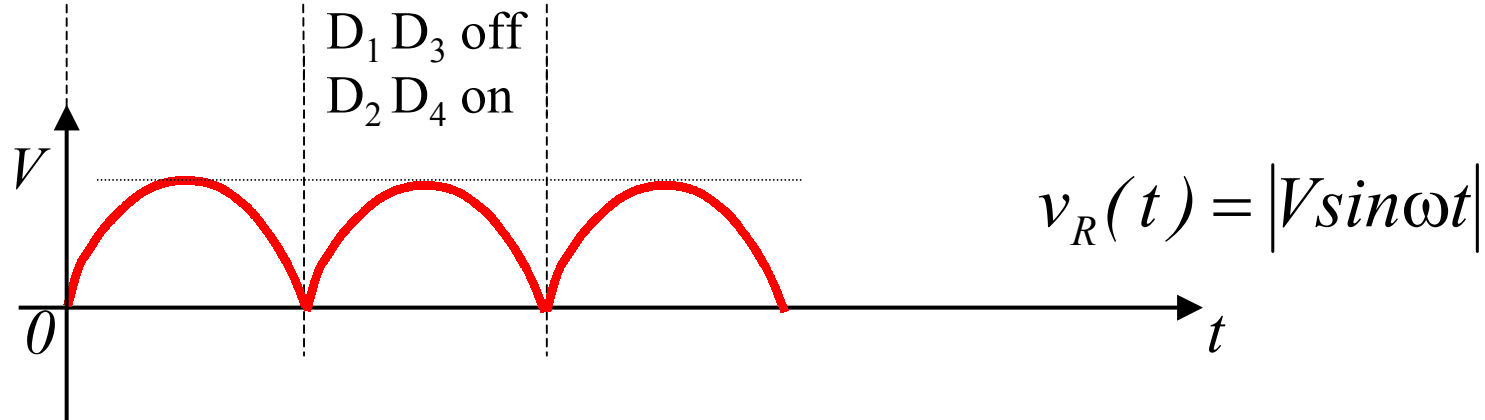
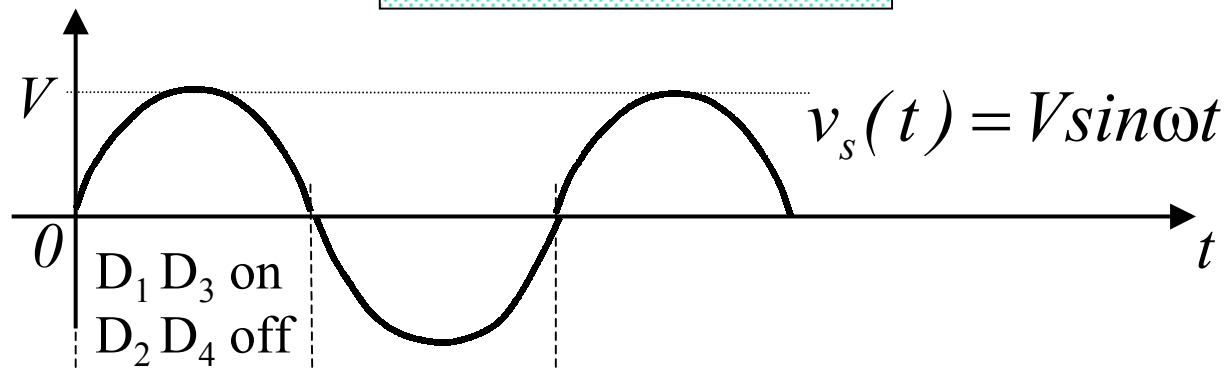
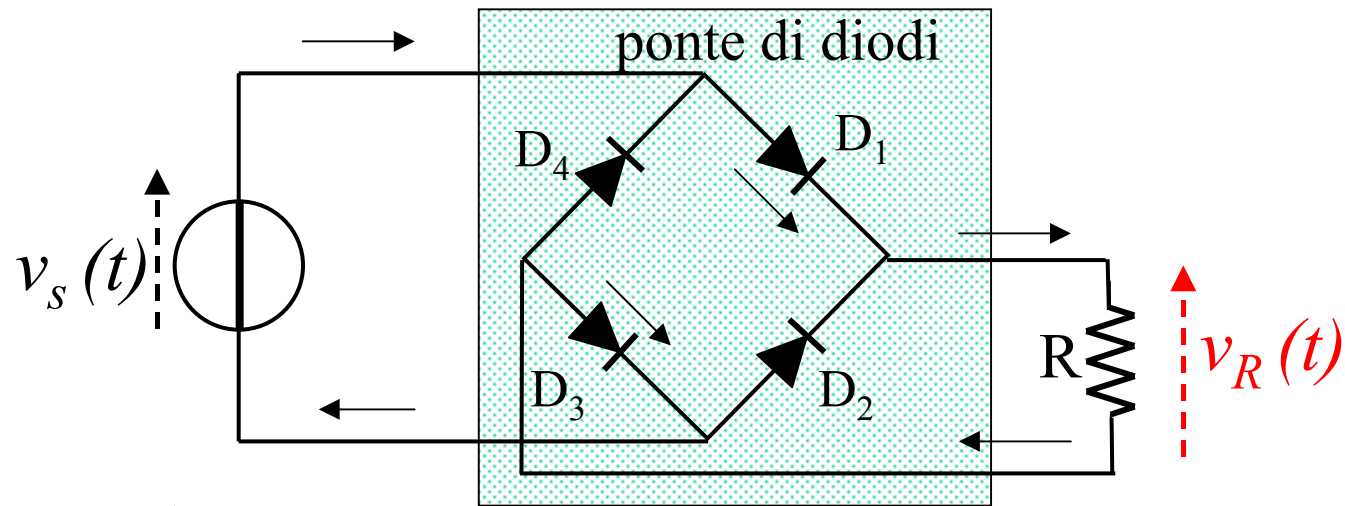
Rettificatore ad onda intera (dispense prof. Soncini)



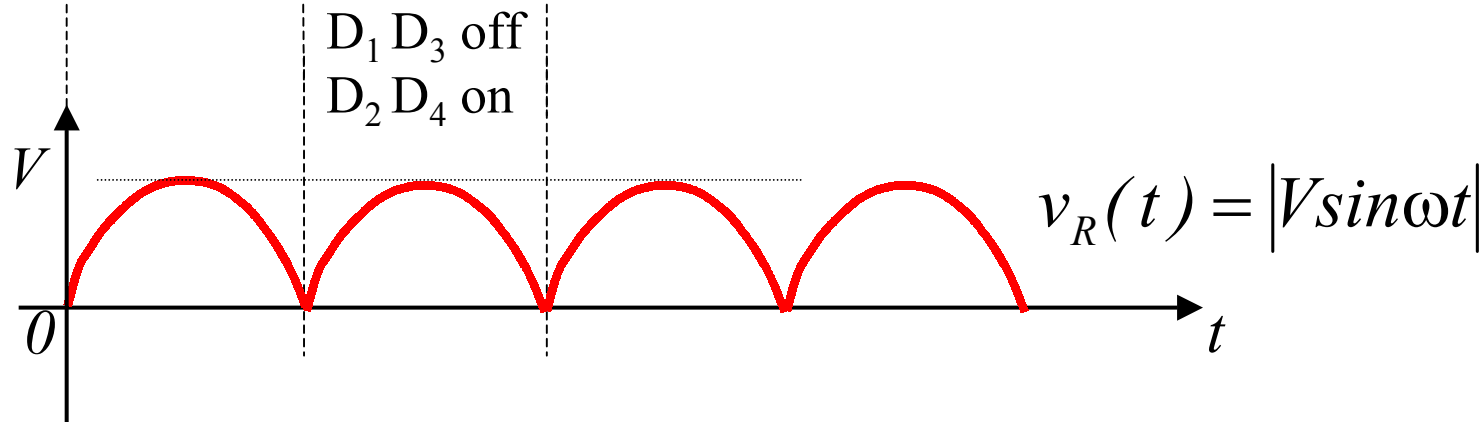
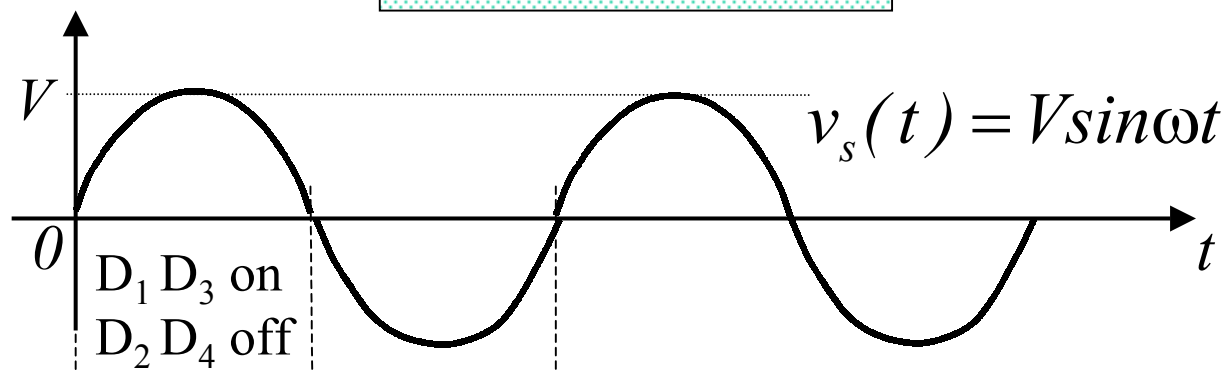
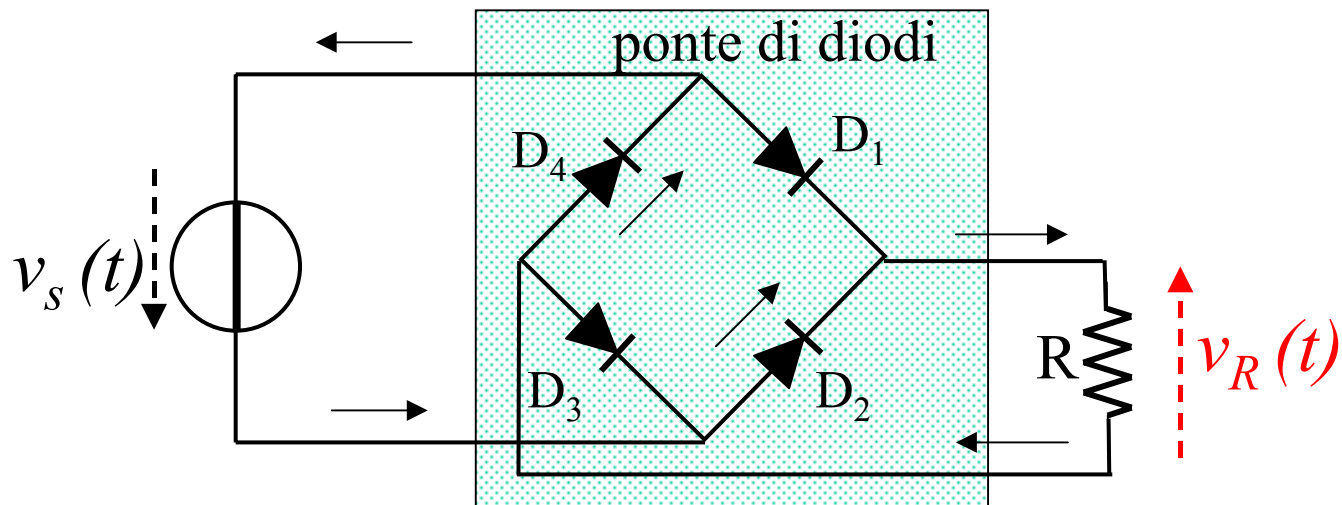
Rettificatore ad onda intera (dispense prof. Soncini)



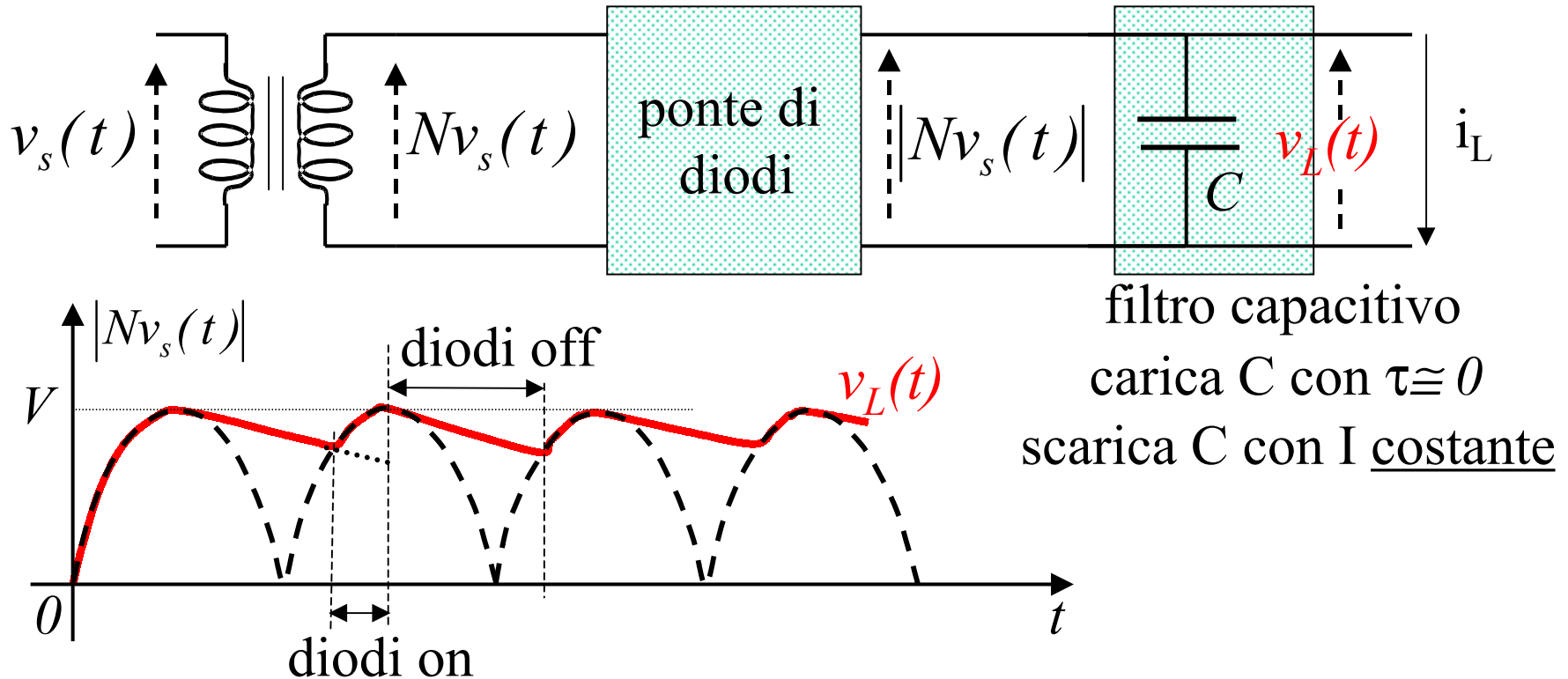
Rettificatore ad onda intera (dispense prof. Soncini)



Rettificatore ad onda intera (dispense prof. Soncini)

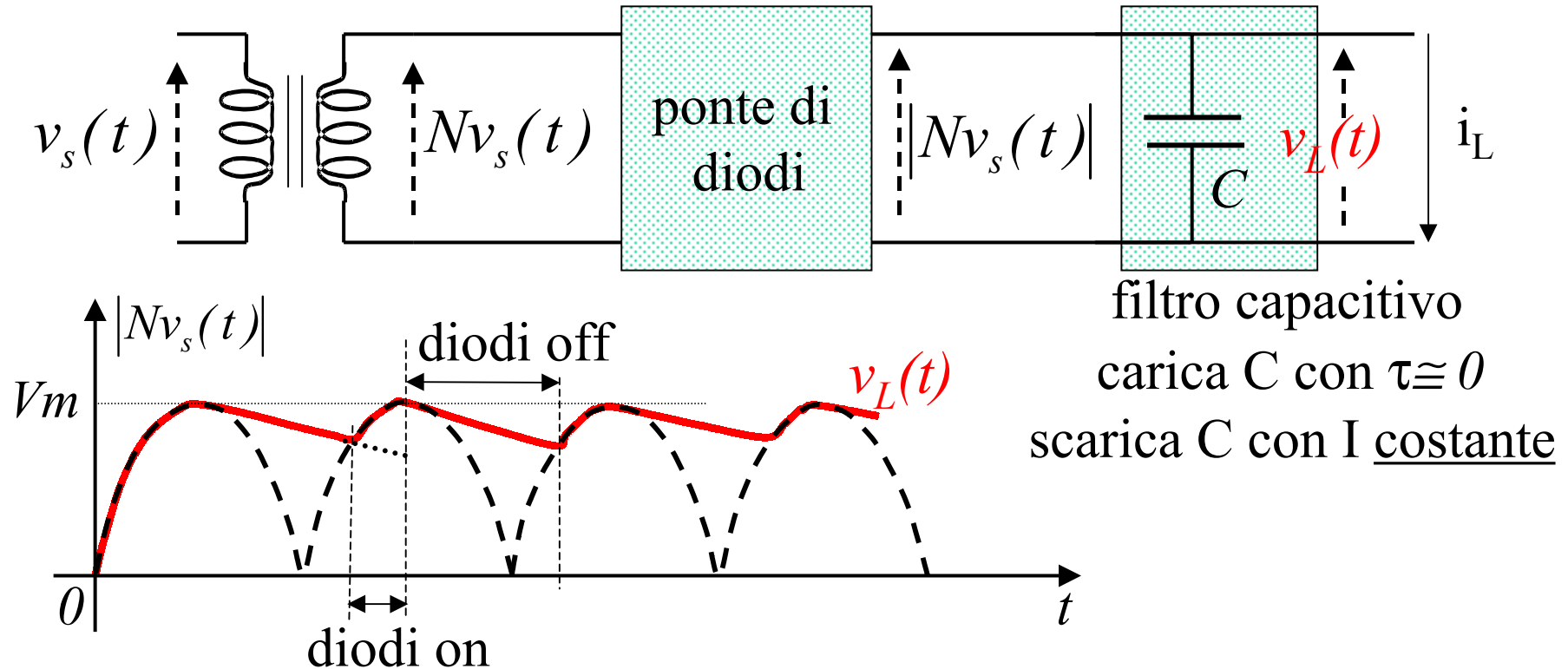


Raddrizzatore AC/DC con filtro capacitivo. (Soncini)



Per i condensatori si ha $Q=CV$, $I \Delta t=C \Delta v$
 Con periodo $T=20$ ms ($f=50$ Hz) il caso limite
 è $\Delta t=10$ ms (ripple molto basso): $\Delta v=.01 I / C$
 Es: $\Delta v = 1$ V con $I=1$ A e $C=10000\mu$ F

Raddrizzatore AC/DC con filtro capacitivo. (Soncini)



Si può risolvere l'equazione:

$$v_c = V_m - It/C = -V_m \cos(\omega t) \quad \text{con risultato (numerico) posto } V_m = 10 \text{ V :}$$

$$t = 8.67 \text{ ms e } v = 9,14 \text{ V ,}$$

che ben si confronta con il caso limite precedente.

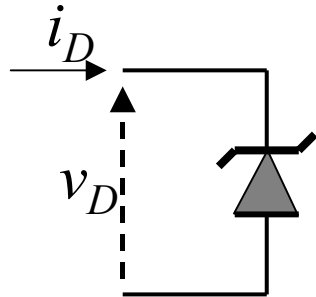
Che cosa manca ancora ?

- 1) Caduta di tensione sui diodi: circa 0,7 V per diodo (1,4 V per il ponte)
facile da prendere in considerazione.
- 2) Caduta di tensione nel rame del trasformatore, dipende dalla corrente di picco nei diodi, più alta se il ripple è più basso (C più alta).
abbastanza facile da prendere in considerazione.
- 3) Effetto dell'induttanza di dispersione del trasformatore.
difficile da prendere in considerazione.
- 4) Effetto della reale caratteristica del diodo
difficile da prendere in considerazione.

SOLUZIONE: SIMULAZIONE SPICE AI TRANSIENTI

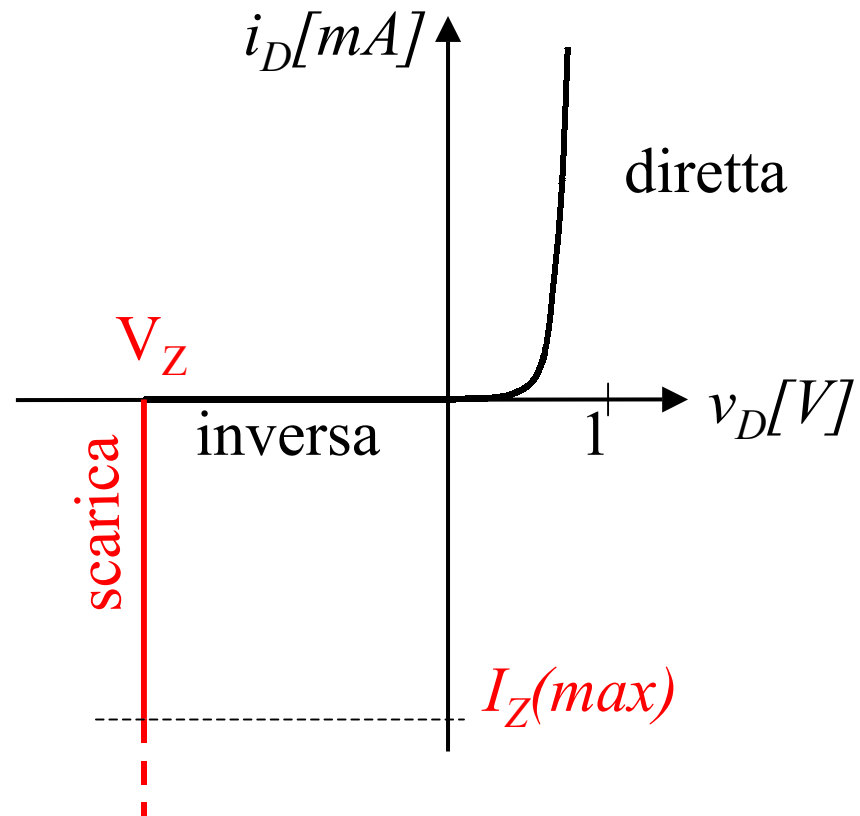
Circuito di stabilizzazione con diodo Zener (Soncini)

a) simbolo circuitale



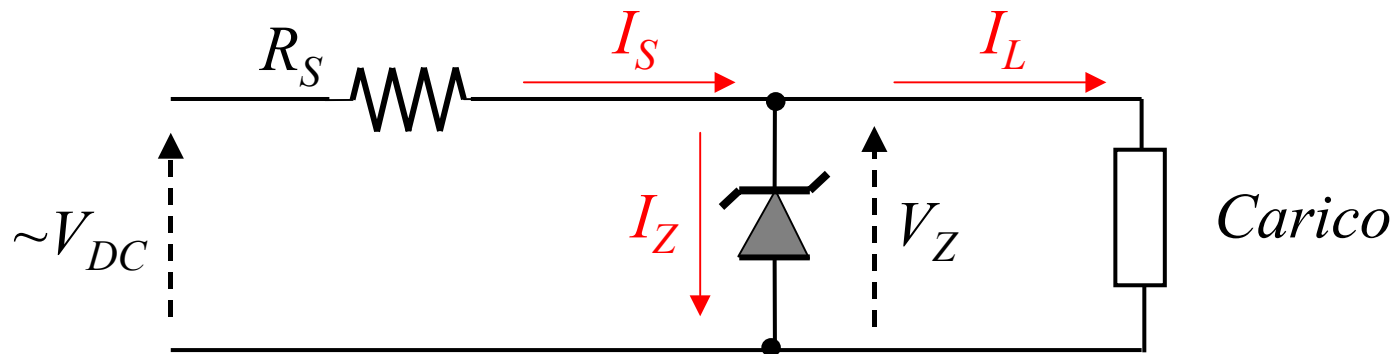
- regime di scarica inversa
- tensione ai terminali $=V_Z$ cost. al variare della corrente inversa da $0 < I_Z < I_Z(max)$
- parametri caratteristici:
 $V_Z; P_Z(max) = V_Z \cdot I_Z(max)$

b) caratteristica statica $i_D = i_D(v_D)$
corrente-tensione



utilizzato come
stabilizzatore di tensione

Il circuito di stabilizzazione con carico variabile.



Scriviamo le equazioni per i casi limite (con carico e senza):

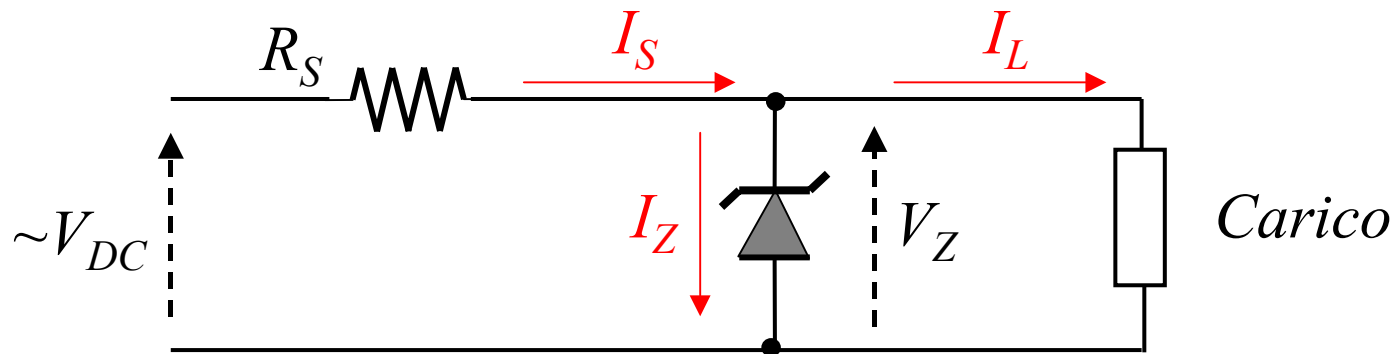
$$\left\{ \begin{array}{l} (V_{inmax} - V_Z) / R_S = I_{Zmax} \quad : \text{tensione entrante alta e no } I_L \\ (V_{inmax} - V_{ripplepp} - V_Z) / R_S = I_{Zmin} + I_L \end{array} \right.$$

Che danno: $R_S = (V_{inmax} - V_Z) / I_{Zmax}$

e $V_{ripplepp} = V_{inmax} - V_Z + (V_Z - V_{inmax})(I_L + I_{Zmin}) / I_{Zmax} > 0$

Se risulta $V_{ripplepp}$ negativa allora o I_L è troppo grande o I_{Zmax} è troppo piccola (potenza del diodo zener troppo piccola)

Il circuito di stabilizzazione: un esempio



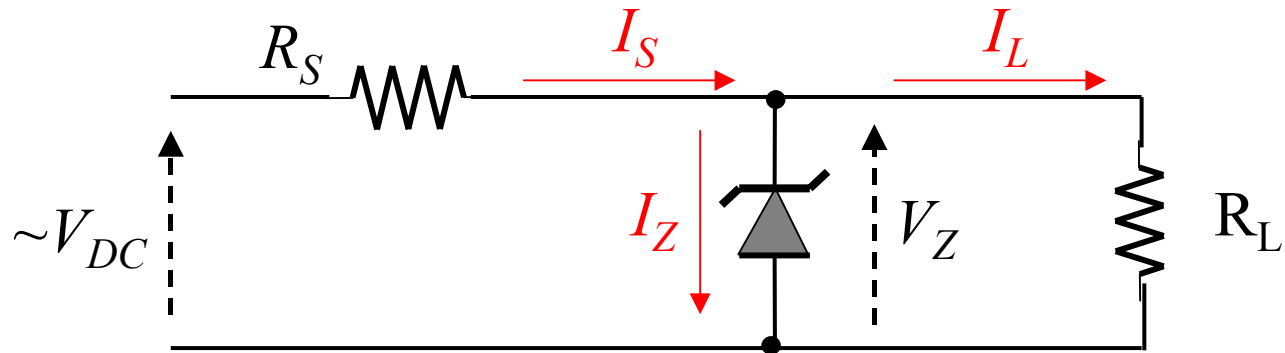
$$\left\{ \begin{array}{l} V_{inmax} = 10 \text{ V} \\ V_Z = 5 \text{ V} \\ I_{zmin} = 10 \text{ mA} \\ I_{zmax} = 100 \text{ mA} \quad (\text{potenza del diodo zener } 0,5 \text{ W}) \\ I_L \text{ (massima)} = 50 \text{ mA} \end{array} \right.$$

Trovo:

$$R_S = 50 \text{ ohm} \quad \text{e} \quad V_{ripple} = 2 \text{ V}$$

se il ripple di tensione è di fatto inferiore, nessun problema.

Il circuito di stabilizzazione con carico resistivo.



Scriviamo le equazioni per i casi limite:

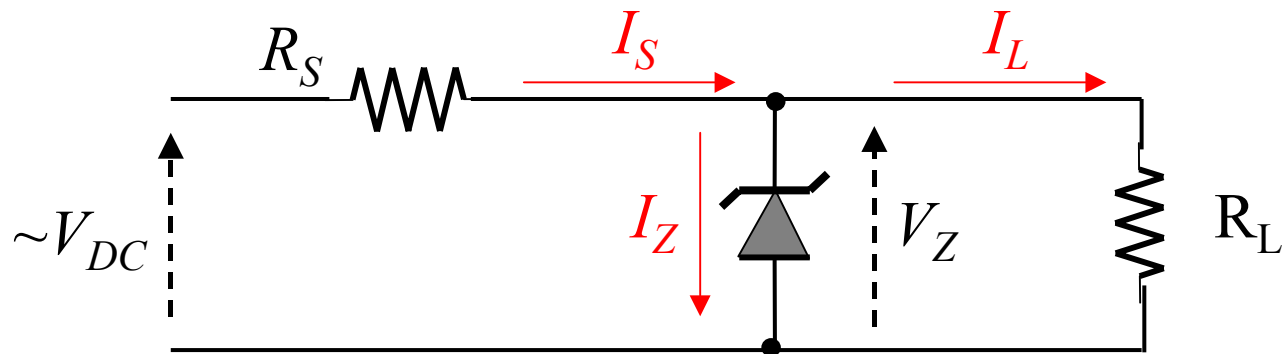
$$\begin{cases} (V_{inmax} - V_Z) / R_S = I_{Zmax} + V_Z / R_L \\ (V_{inmax} - V_{ripplepp} - V_Z) / R_S = I_{Zmin} + V_Z / R_L \end{cases}$$

Che danno: $R_S = R_L (V_{inmax} - V_Z) / (I_{Zmax} R_L + V_Z)$

e $V_{ripplepp} = (V_{inmax} - V_Z) (I_{Zmax} - I_{Zmin}) R_L / (I_{Zmax} R_L + V_Z) > 0$

Se risulta $V_{ripplepp}$ negativa allora o I_L è troppo grande o I_{Zmax} è troppo piccola (potenza del diodo zener troppo piccola)

Il circuito di stabilizzazione: secondo esempio.



$$V_{inmax} = 10 \text{ V}$$

$$V_Z = 5 \text{ V}$$

$$I_{zmin} = 10 \text{ mA}$$

$$I_{zmax} = 100 \text{ mA} \quad (\text{potenza del diodo zener } 0,5 \text{ W})$$

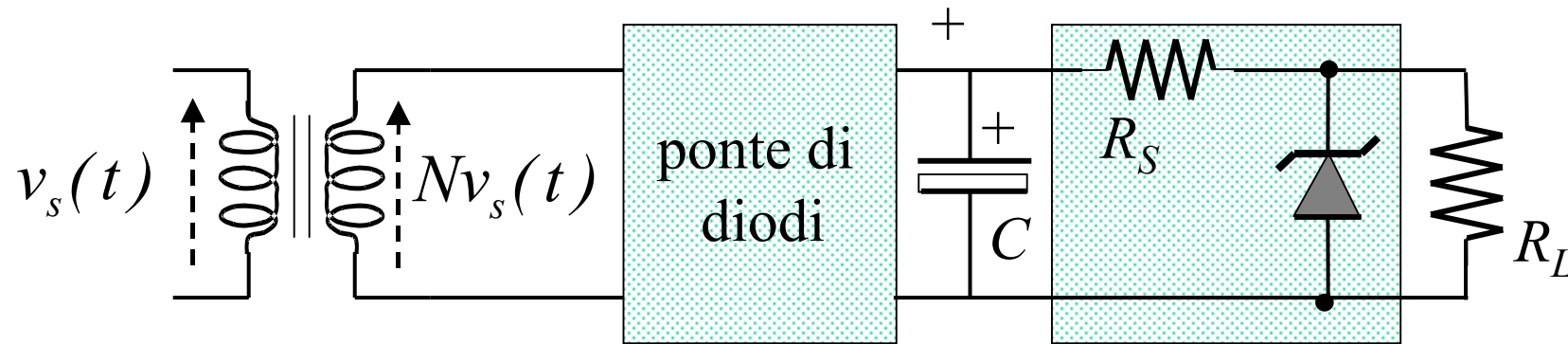
$$R_L = 100 \text{ ohm}$$

Trovo:

$$R_S = 33,33 \text{ ohm} \quad \text{e} \quad V_{ripple} = 3 \text{ V}$$

se il ripple di tensione è di fatto inferiore, nessun problema.

Raddrizzatore AC/DC con stabilizzatore zener.



Progettiamo il circuito:

DATI:

$$V_{inmax} = 10 \text{ V}$$

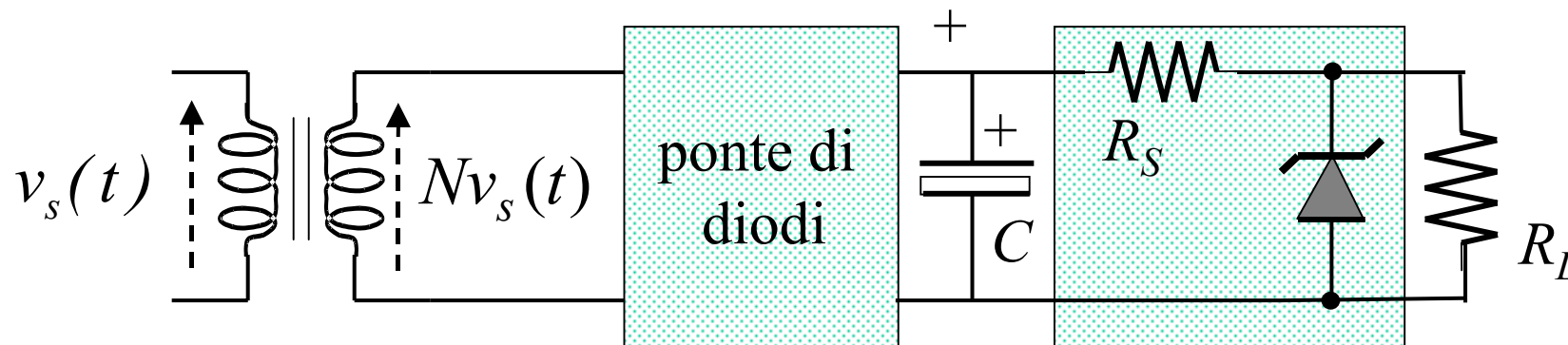
$$V_Z = 5 \text{ V}$$

$$I_{zmin} = 10 \text{ mA}$$

$$I_{zmax} = 100 \text{ mA} \quad (\text{potenza del diodo zener } 0,5 \text{ W})$$

$$R_L = 100 \text{ ohm}$$

Raddrizzatore AC/DC con stabilizzatore zener.



Progettiamo il circuito:

ABBIAMO GIA' TROVATO:

$$R_S = 33,33 \text{ ohm} \quad \text{e} \quad V_{\text{ripplepp}} = 3\text{V}$$

$$\text{Perciò: } NV_s (\text{picco}) = 10 \text{ V} + 2 \cdot 0.7 \text{ V} = 11.4 \text{ V}$$

$$NV_s (\text{RMS}) = 11.4/1.41 \text{ V} = 8,09 \text{ V}$$

$$C \approx 0.01 \cdot I/V_{\text{ripplepp}} \approx 0.01 \cdot (10-V_z)/(R_S \cdot V_{\text{ripplepp}}) = \\ 0.01 \cdot (10-V_z)/(33.33 \cdot 3) = 500\mu\text{F}$$

Si utilizzi un condensatore polarizzato elettrolitico.

ESERCIZIO: simulazione PSPICE.

Generatore VSIN: impostare il valore di picco della tensione cioè 310 V per i classici 220 di rete.

Trasformatore: $k=1, L1/L2 = 740/1 \approx (310/11,4)^2$

DOMANDE:

C è sovradimensionato perché la corrente di scarica è stata posta sempre uguale a quella massima, inoltre il tempo di scarica è stato posto uguale a 10 ms.

- 1) C è abbastanza sovradimensionato per compensare una variazione della tensione di rete di $\pm 10\%$ e $\pm 20\%$?
- 2) Che succede con $k=0.98$? e/o R del rame (primario)= 5 Ohm ?
- 3) Studiare i due casi precedenti combinati.

Nota: può essere utile aumentare C di un fattore 2.